

明 細 書

磁歪式トルクセンサ

- 5 本出願は、日本特許出願番号2003-407262に基づいており、この日本出願の全内容は、本出願において参照され導入される。

技術分野

- 本発明は、非接触磁歪式トルクセンサ、特に、磁歪特性を有する回転軸に加わるトルクを、透磁率変化に基づく検出コイルのインダクタンス変化により非接
- 10 触的に検出する非接触磁歪式トルクセンサに関する。

背景技術

自動車のパワーステアリング機構、エンジン制御機構、動力伝達機構などでは回転軸であるハンドル軸、その他の受動軸などに加わるトルクを検出する必要性が高い。

- 15 一般に、磁歪特性を有する材料は、力を加えると比透磁率が変化し、圧縮力方向では比透磁率が減少し、張力方向では比透磁率が増加する。この原理を利用した磁歪式トルク検出装置が、例えば従来技術1及び2に記載されている。

- 従来技術1（特開平1-94230号公報）は、図1（a）に示される磁歪式トルク検出装置を開示する。この磁歪式トルク検出装置は、受動軸である回転軸
- 20 11の外周に、回転軸11に対して $\pm 45^\circ$ に複数の磁歪膜13、13を固着し、その外周に $\pm 45^\circ$ 磁歪膜13、13に対応してリング形検出コイル12、12を配設したものである。回転軸11に外部からトルクが印加されると、磁歪膜13、13の一方には張力が、他方には圧縮力が発生して歪が生じ、磁歪膜13、13の透磁率が変化する。この磁歪膜13、13の透磁率変化に基づくリング形
- 25 検出コイル12、12のインダクタンス変化を検出して出力する。

従来技術2（特開平6-194239号公報）は、図1（b）に示される磁歪式トルク検出装置を開示する。この磁歪式トルク検出装置は、磁歪回転軸11に対して $\pm 45^\circ$ 傾いた2条の検出コイル12、12を重ね合わせてリング形磁心

1 4の内面に固着して、それを磁歪回転軸 1 1の周囲に配置して、磁歪回転軸 1 1の透磁率変化を検出して出力するものである（図 4～6 及び実施例 4）。

図 1（c）は、他の磁歪式トルク検出装置（従来技術 3）を示す。この磁歪式トルク検出装置は、磁歪回転軸 1 1に対向配置した U 字形磁心 1 4 上に巻回した
5 検出コイル 1 2、1 2を使用することにより、磁歪回転軸 1 1の透磁率変化を検出して出力するものである。

しかし、従来技術 1 の磁歪式トルク検出装置は、回転軸 1 1に $\pm 45^\circ$ の磁歪膜 1 3、1 3が固着されるので、回転軸 1 1を加工する必要があるという問題を有する。

10 従来技術 2 の磁歪式トルク検出装置は、回転軸 1 1を加工する必要はないが、リング形磁心 1 4の内面に $\pm 45^\circ$ の傾きを有して重ねて配置された 2 条の検出コイル 1 2、1 2のインダクタンスの差を検出しているので、トルクを検出するためにはインダクタンスの増減方向を検出する必要がある。さらに、ゼロ点を設定するには、2 条の検出コイル 1 2、1 2のインダクタンスが等しくな
15 った状態を検出する必要があるので、ゼロ点の設定が容易でない。さらに、回転軸 1 1はリング形磁心 1 4を貫通する構造であるので、検出コイル 1 2の装着が困難である。

また、従来技術 3 の磁歪式トルク検出装置は、回転軸 1 1を加工する必要がなく、回転軸 1 1に装着容易であるが、以下の問題を有する。検出コイル 1 2が巻
20 かれた U 字形磁心 1 4は回転軸 1 1に対してリング形磁心のような回転対称でなく、回転軸 1 1が U 字形磁心 1 4に対面していない部分があるので、出力信号のゼロ点が回転軸 1 1の回転に伴って、大きく変動してしまう。

発明の開示

本発明の目的は、トルク検出精度が向上するように、回転軸の回転に伴う出力
25 信号のゼロ点変動を抑制される非接触磁歪式トルクセンサを提供することである。

本発明の他の目的は、回転軸に装着容易である非接触磁歪式トルクセンサを提供することである。

本発明の他の目的は、検出コイル回路のゼロ点調整を正確で容易に行うことができる非接触磁歪式トルクセンサを提供することである。

本発明により、中心軸の周りに回転する磁歪特性を有する回転軸と、前記回転軸の外周と所定の間隔を有しながら前記回転軸と同軸に配置され、内周面に前記回転軸の歪を検出する絶縁被覆を有したコイルを備える円筒状フェライト磁心を備えた磁歪式トルクセンサにおいて、前記円筒状フェライト磁心は、前記中心軸を含む平面によって前記内周面を2つに区分することによって形成される一対の対向したコイル形成用内周面を有し、前記コイルは、前記一対の対向したコイル形成用内周面のそれぞれにおいて、前記中心軸に対して $+45^\circ$ 傾いて同一の位置に配置され、往電流と帰還電流を同一方向に流す直列に接続された往電流用コイルと帰還電流用コイルを含む第1のコイルと、前記中心軸に対して -45° 傾いて前記第1のコイルと直交しながら同一の位置に配置され、往電流と帰還電流を同一方向に流す直列に接続された往電流用コイルと帰還電流用コイルを含む第2のコイルを有する磁歪式トルクセンサが提供される。

(i) 前記円筒状フェライト磁心は、前記中心軸を含む平面によって2つに分割される一対の半円筒状フェライト磁心を含むことが好ましい。

(ii) 前記第1及び第2のコイルの前記往電流用コイル及び前記帰還電流用コイルは、複数の水平導線及び複数の垂直導線によって連続的に伸びる複数の往電流用コイル及び複数の帰還電流用コイルを含むことが好ましい。

(iii) 前記第1及び第2のコイルの前記複数の水平導線及び前記複数の垂直導線は、同一の位置において異なった方向の電流を流すことが好ましい。

(iv) 前記第1のコイルと前記第2のコイルは、フレキシブル基板の表裏の面上でジグザグ状に形成され、このフレキシブル基板を180度折り重ねることにより形成されることが好ましい。

(v) 前記第1のコイルと前記第2のコイルは、前記一対の半円筒状フェライト磁心の間でブリッジ回路を構成するように接続されることが好ましい。

(vi) 前記第1のコイルと前記第2のコイルは、それぞれの第1の端子が発振器の第1及び第2の端子に接続され、それぞれの第2の端子が歪検出用の端子に接続されてブリッジ回路を構成することが好ましい。

(vii) 前記ブリッジ回路からの差動信号は、ロックイン増幅器で検出することが好ましい。

(viii) 前記第 1 のコイルと前記第 2 のコイルは、前記一対の対向したコイル形成用内周面に形成した溝に収納されることが好ましい。

(ix) 前記一対の対向したコイル形成用内周面は、

$$L \doteq \pi D / 2 N \quad (N = 1, 2, 3, \dots),$$

$$P \doteq \pi D / 2$$

で表される長さ L と内面半円周長 P を有し（但し、 D を前記回転軸の直径とする）、かつ、その両端において、

$$G \doteq \pi D / 4 N \quad (N = 1, 2, 3, \dots)$$

で表される前記溝の間隔 G を有することが好ましい。

10 図面の簡単な説明

図 1 (a) ~ (c) は従来の磁歪式トルクセンサを示す概略図である。

図 2 は、本発明の第 1 の実施例の磁歪式トルクセンサを示す概略図である。

図 3 は、第 1 の実施例の磁歪式トルクセンサを示す分解斜視図である。

15 図 4 (a) ~ (c) は、第 1 の実施例の磁歪式トルクセンサのコイルの巻き方を示す模式図である。

図 5 (a) は第 1 の実施例の磁歪式トルクセンサの動作原理を示す模式図であり、図 5 (b) は磁歪回転軸に印加されるトルクを検出するための検出回路図である。

20 図 6 (a) ~ (d) は本発明の第 2 の実施例の磁歪式トルクセンサの構成および製造方法を示す概略図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の好ましい実施例について図面を参照しながら説明する。

25 図 2 は、本発明の第 1 の実施例の磁歪式トルクセンサを示す。この磁歪式トルクセンサは、磁歪特性を有する、例えば、Ni、Fe-Al 合金、Fe-Co 合金などの回転軸 1 と、回転軸 1 の軸 O に対して $+45^\circ$ 傾いたコイル 2 と -45° 傾いたコイル 4 が内面に重ねて巻かれた 2 つの半円筒状フェライト磁心 3、3 とから構成される。2 つの半円筒状フェライト磁心 3、3 は、磁歪回転軸 1 の軸 O に垂直な面において磁歪回転軸 1 と同心状に緊密に対向配置する。

図3は、図2の磁歪式トルクセンサの分解斜視図であり、 $\pm 45^\circ$ コイル2、4の図示は省略する。図3に示すように、半円筒状フェライト磁心3の内面には、 $+45^\circ$ コイル2と -45° コイル4の配線を配置するため、磁歪回転軸1に対して $\pm 45^\circ$ 傾いた複数の溝5が設けられている。

- 5 図4 (a) ~ (c) は、図2の磁歪式トルクセンサのコイルの巻き方を示す。半円筒状フェライト磁心の内面展開図である図4 (a) に示すように、半円筒状フェライト磁心3の内面に設けられた溝5は、回転軸1の軸Oに対して $\pm 45^\circ$ で傾いている。溝5の広さは1mm、深さは1mmである。以下に説明するように、溝と溝との間の距離Gは、磁心3の長さL及び磁心3の内面半円周長Pに依
- 10 存する。上述したように、内面の溝5に $+45^\circ$ コイル2と -45° コイル4が配線された2つの半円筒状フェライト磁心3は、回転軸1の側面と所定の距離r (図2) を置いて平行に配置し、かつ、回転軸1の軸Oに対して垂直な面において磁歪回転軸1と同心状に緊密に対向配置する。検出感度が向上するように半円筒状フェライト磁心3と回転軸1の側面との間の距離rは非常に小さく無視できる
- 15 のので、半円筒状フェライト磁心3の長さLは次式で設定される。

$$L = \pi (D + 2r) / 2N \approx \pi D / 2N \quad (N = 1, 2, 3, \dots) \quad (1)$$

ここで、Dは回転軸1の直径、rは磁歪回転軸1と半円筒状フェライト磁心3との間の距離である。

半円筒状フェライト磁心3の内面半円周長Pは

20
$$P = \pi (D + 2r) / 2 \approx \pi D / 2 \quad (2)$$

で表される。

半円筒状フェライト磁心3の内面に溝5を作るとき、溝と溝との間の距離Gは

$$G = L / 2 = \pi (D + 2r) / 4N \approx \pi D / 4N \quad (N = 1, 2, 3, \dots) \quad (3)$$

で表される。

- 25 図4 (b) は、 $N = 1$ 、 $P = L \approx \pi D / 2$ 、 $G \approx \pi D / 4$ であるときの溝5の形 (図4 (b) の右端を参照) と $+45^\circ$ コイル2及び -45° コイル4の巻き方を示す。図4 (b) に示すように、 $+45^\circ$ コイル2は、半円筒状フェライト磁心3の内面に、頂点AからC (往) まで、ジグザグ状に $+45^\circ$ で配線し、引き続き、頂点CからA (復) まで、ジグザグ状に $+45^\circ$ で配線を形成する。

同様にして、 -45° コイル 4 は、同じ半円筒状フェライト磁心 3 の内面に、頂点 B から D (往) まで、ジグザグ状に -45° で配線し、引き続き、頂点 D から B (復) まで、ジグザグ状に -45° で配線を形成する。2 つのコイル 2 と 4 を重ねて、1 つの半円筒状フェライト磁心 3 の内面に形成する。 $+45^\circ$ コイル 2 と -45° コイル 4 には直径 0.2 mm のエナメル線 6 を用いて、 $+45^\circ$ コイル 2 と -45° コイル 4 の巻き数はそれぞれ 2 ターンである。

図 4 (b) と同様に、図 4 (c) に、 $N = 2$ 、 $P \doteq \pi D/2$ 、 $L \doteq \pi D/4$ 、 $G \doteq \pi D/8$ であるときの溝 5 の形 (図 4 (c) の右端を参照) と $+45^\circ$ コイル 2 及び -45° コイル 4 の巻き方を示す。式 (1) より、 N が大きくなると、半円筒状フェライト磁心 3 の長さ L が小さくなる。即ち、トルクセンサの体積が小さくなる。しかし、 N が大きくなると、溝と溝との間の距離 G が短くなるため、回転軸 1 に対して同方向に傾く導線間の影響が大きくなり、出力信号に悪影響が発生する。

なお、配線の形成方法として、1 つのコイル (例えば $+45^\circ$ コイル 2) を所定回数のみ巻いた後、もう 1 つのコイル (例えば -45° コイル 4) を同一回数のみ巻き、重ね合わせる方法を上述したが、両方のコイルを交互に巻いてもよい。

次に、第 1 の実施例の磁歪式トルクセンサの動作原理について説明する。図 5 (a) に示すように、軸方向 X からみて、図面で左側を反時計方向に、図面で右側を時計方向に力が働くように、回転軸 1 にトルク T が印加される。以下、この方向のトルク T を正方向とする。このとき、回転軸 1 の前側から見て、回転軸 1 の $+45^\circ$ 方向には圧縮力が、 -45° 方向には張力が加わることになる。回転軸 1 の後側から見て、回転軸 1 の -45° 方向には圧縮力が、 $+45^\circ$ 方向には張力が加わることになる。この主応力 σ はトルク T に比例し、回転軸 1 の直径を D とすると、次式で与えられる。

$$\sigma = 16T/(\pi D^3) \quad (4)$$

このとき、回転軸 1 が磁歪効果を持っていれば、主応力 σ により、軸磁気異方性 K_u が誘起される。

$$K_u = 2 \cdot (3/2) \lambda_s \sigma = 48 \lambda_s T/(\pi D^3) \quad (5)$$

ここで、 λ_s は回転軸 1 の飽和磁歪定数である。

この軸磁気異方性 K_u によって、 $+\sigma$ 方向は磁化容易方向、 $-\sigma$ 方向は磁化困難方向となり、静磁エネルギーの関係から、磁化容易方向 $+\sigma$ 方向の比透磁率は増加し、逆に磁化困難方向 $-\sigma$ 方向の比透磁率は減少する。従って、磁化困難方向 $-\sigma$ 方向（圧縮力方向）に傾くコイルに電流を流すと、コイルにより形成する磁束は、磁化容易方向 $+\sigma$ 方向（張力方向）に傾いて張力方向の比透磁率が高くなるので、張力方向では磁束を減少させる方向に感応電流が流れ、感応電流によって感応電圧が誘起されるため、このコイルのインダクタンスは大きくなる。

一方、磁化容易方向 $+\sigma$ 方向（張力方向）に傾くコイルに電流を流すと、コイルにより形成する磁束は、磁化困難方向 $-\sigma$ 方向（圧縮力方向）に傾いて圧縮力方向の比透磁率が小さくなるので、圧縮力方向では磁束を増加させる方向に感応電流が流れ、感応電流によって感応電圧が誘起されるため、このコイルのインダクタンスは小さくなる。

図 5（b）は、上述したコイルの電気特性から磁歪回転軸 1 に印加されるトルクを検出するための検出回路である。図 5（a）の 4 つの検出コイル 2-1、2-2、4-1、4-2 で、図 5（b）に示すようなブリッジ回路を構成する。コイル 4-1 の b 端とコイル 4-2 の e 端が接続される。同様に、コイル 2-1 の d 端とコイル 2-2 の g 端が接続される。そして、直列接続された検出コイル 2-1 と 2-2、4-1 と 4-2 との両端に回路を駆動する発振器 7 を接続し、検出コイル 2-1 と 2-2 の間、及び検出コイル 4-1 と 4-2 の間に、トルク印加時にブリッジ回路から発生する差動信号を検出・増幅して出力するロックイン増幅器 8 を接続する。

次に、図 5（b）の検出回路の動作について説明する。発振器 7 から発生する高周波数電流 I がコイル 4-1 の a 端とコイル 2-1 の c 端に流入し、コイル 4-2 の f 端とコイル 2-2 の h 端に流出する。トルクが印加されていないとき、検出回路が平衡状態になるようにゼロ点調整を行う。図 5（a）に示すように、正トルクが印加されるとき、コイル 4-1 とコイル 2-2 のインダクタンス L が ΔL 増加し、コイル 4-2 とコイル 2-1 のインダクタンス L が ΔL 減少し、ロックイン増幅器 8 からの出力 V は正方向に増加する。それに対して、負トルク

が印加されるとき、コイル4-1とコイル2-2のインダクタンス L が ΔL 減少し、コイル4-2とコイル2-1のインダクタンス L が ΔL 増加し、ロックイン増幅器8からの出力 V は負方向に減少する。これより、トルク T の方向及び大きさが検出される。

- 5 図5 (b)の検出回路によれば、4つの検出コイル2-1、2-2、4-1、4-2のブリッジ回路のバランスをとることにより、更に、ロックイン増幅器8により雑音が除去されるため、安定した精確なゼロ点調整を容易に行うことができる。

- 10 図5 (a)に示すように、回転軸1の前側に配置する半円筒状フェライト磁心3-2の内面に配置される $+45^\circ$ コイル2-2の接続用導線(即ち、回転軸1に平行な導線部)2bと、回転軸1の後側に配置する半円筒状フェライト磁心3-1の内面に配置される $+45^\circ$ コイル2-1の接続用導線(即ち、回転軸1に平行な導線部)2bは重ねて配置され、互いに反対方向の電流が流れるため、全体として電流が相殺されることにより、磁界が殆ど発生しない。

- 15 同様に、回転軸1の前側に配置する半円筒状フェライト磁心3-2の内面に配置される -45° コイル4-2の接続用導線4b(即ち、回転軸1に平行な導線部)と、回転軸1の後側に配置する半円筒状フェライト磁心3-1の内面に配置される -45° コイル4-1の接続用導線(即ち、回転軸1に平行な導線部)4bは重ねて配置され、互いに反対方向の電流が流れるため、全体として電流が相殺されることにより、磁界が殆ど発生しない。

- 20 一方、半円筒状フェライト磁心3-1、3-2の内面に配置される $+45^\circ$ コイル2-1、2-2の接続用導線(即ち、回転軸1に垂直な導線部)2cと、同一半円筒状フェライト磁心3-1、3-2の内面に配置される -45° コイル4-1、4-2の接続用導線(即ち、回転軸1に垂直な導線部)4cは重ねて配置され、互いに反対方向の電流が流れるため、全体として電流が相殺されることにより、磁界が殆ど発生しない。従って、不要なインダクタンスの発生が抑えられ、検出誤差を無くすことが出来る。

さらに、上述した磁歪式トルクセンサの構造によれば、内面に $+45^\circ$ コイル2と -45° コイル4を有する2つの半円筒状フェライト磁心3を磁歪回転軸1

の全周に対向配置することにより、磁歪回転軸 1 の局所的な磁気特性変化があっても、磁歪回転軸 1 の回転角度に依らず、出力センサの出力特性に影響することなく、安定することができる。即ち、磁歪回転軸 1 の回転に伴う出力信号のゼロ点変動を小さくすることができる。

- 5 また、磁歪式トルクセンサは 2 つの半円筒状フェライト磁心 3 で構成されるため、容易に回転軸 1 に装着することができる。

図 6 は、本発明の第 2 の実施形態における磁歪式トルクセンサを示す。1 つの検出コイル 10 を形成するため、図 6 (a) に示すように、コイル配線 10 - 1 は細長帯状のフレキシブル基板 9 の片面に頂点 A から C までジグザグ状に + 4

- 10 5° 配線し（配線の表面は絶縁処理されている）、引き続き、頂点 C から E までジグザグ状に - 4 5° 配線（配線の表面は絶縁処理されている）を形成する。この配線の両端 A と E には、取り出し用のパッドを形成する。

- 同様にして、コイル配線 10 - 2 はフレキシブル基板 9 の反対面に頂点 B 1
（B 点の反対面にある）から D 1 （D 点の反対面にある）までジグザグ状に - 4
15 5° 配線し（配線の表面は絶縁処理されている）、引き続き、頂点 D 1 から F 1
（F 点の反対面にある）までジグザグ状に + 4 5° 配線（配線の表面は絶縁処理されている）を形成する。この配線の両端 B 1 と F 1 には、取り出し用のパッドを形成する。

- このフレキシブル基板 9 を、図 6 (b) に示すように、線分 C (C 1) — D (D
20 1) に沿って折り曲げて A と E 及び B と F を重ね、反対面の A 1 と E 1 及び B 1
と F 1 を重ねて、図 6 (c) に示すような 1 条の ± 4 5° コイル 10 を形成する。
この ± 4 5° コイル 10 を半円筒状フェライト磁心 3 の内面に固着して、2 つの
半円筒状フェライト磁心 3 を第 1 の実施形態と同様に、磁歪回転軸 1 の全周に緊
密に対向配置して磁歪式トルクセンサを構成する。

- 25 なお、第 2 の実施形態の磁歪式トルクセンサの動作原理は、第 1 の実施形態で説明した動作原理と同様であるので説明は省略する。

第 2 の実施形態の構造によれば、コイル 10 の ± 4 5° 傾いた部分以外の導線部、即ち、磁歪回転軸 1 に対して平行な導線部と垂直な導線部では、各導線部で互いに反対方向の電流が流れるため、全体として電流が相殺されることにより、

磁界が殆ど発生しない。従って、不要なインダクタンスの発生が抑えられ、検出誤差を無くすことができる。

また、このように内面に $+45^\circ$ コイル2と -45° コイル4を有する2つの半円筒状フェライト磁心3を磁歪回転軸1の全周に対向配置することにより、磁歪回転軸1の局所的な磁気特性変化があっても、磁歪回転軸1の回転角度に依らず、出力センサの出力特性に影響することなく、安定することができる。即ち、磁歪回転軸1の回転に伴う出力信号のゼロ点変動を小さくすることができる。

また、検出コイルの数は4つあるため、検出コイルのブリッジ回路を構成し、ブリッジ回路のバランスをとることにより、安定した精確なゼロ点調整を容易に行うことができる。

なお、第2の実施形態の構造では、検出コイル10は2層に形成しているが、実際応用するとき、検出コイル10は多層に形成することにより、検出感度の向上が図れる。

更に、第2の実施形態の構造によれば、半円筒状フェライト磁心3の内面に溝を加工する必要がないため、より安価に磁歪式トルクセンサを構成することができる。

また、磁歪式トルクセンサは2つの半円筒状フェライト磁心3で構成されるため、容易に回転軸1に装着することができる。

本発明は完全で明確な開示のための特定の実施例について述べられているが、添付の特許請求の範囲はこれらの実施例には限定されず、当業者にとって想到し得る、本明細書に説明された基本的教示の範囲内に適正に含まれる全ての変更および代替的構成を具体化するものとして解釈されるべきである。

産業上の利用の可能性

本発明の非接触磁歪式トルクセンサにおいては、 $\pm 45^\circ$ コイルは電流が流れると磁歪回転軸に対してリング形軸回転対称検出コイルと同じ働きをするため、出力信号は磁歪回転軸の回転角度に依存することがない。即ち、磁歪回転軸の回転に伴う出力信号のゼロ点変動を小さくすることができる。

また、本発明によると、トルクセンサは2つの半円筒状フェライト磁心に分割されるため、容易に磁歪回転軸に装着することができる。

更に、本発明によると、 $\pm 45^\circ$ コイルに含まれる水平導線及び垂直導線は、それぞれ重なった部分で互いに反対方向の電流が流れるため、全体として電流が
5 相殺されることにより、磁界が殆ど発生しない。従って、不要なインダクタンスの発生が抑えられ、検出誤差を無くすことが出来る。

また、本発明によると、 $\pm 45^\circ$ コイルが、一対の対向したコイル形成用内周面のそれぞれに配置されるため、ブリッジ回路の接続が容易であり、外部回路を
10 要しないでブリッジ回路が組める。ブリッジ回路のバランスをとることにより、安定した精確なゼロ点調整を容易に行うことができる。

更に、本発明によると、ロックイン増幅器により雑音が除去されるため、検出誤差を無くすことが出来る。

請求の範囲

1. 中心軸の周りに回転する磁歪特性を有する回転軸と、前記回転軸の外周と所定の間隔を有しながら前記回転軸と同軸に配置され、内周面に前記回転軸の歪を検出する絶縁被覆を有したコイルを備える円筒状フェライト磁心を備えた磁歪式トルクセンサにおいて、

前記円筒状フェライト磁心は、前記中心軸を含む平面によって前記内周面を2つに区分することによって形成される一対の対向したコイル形成用内周面を有し、

前記コイルは、前記一対の対向したコイル形成用内周面のそれぞれにおいて、
10 前記中心軸に対して $+45^\circ$ 傾いて同一の位置に配置され、往電流と帰還電流を同一方向に流す直列に接続された往電流用コイルと帰還電流用コイルを含む第1のコイルと、前記中心軸に対して -45° 傾いて前記第1のコイルと直交しながら同一の位置に配置され、往電流と帰還電流を同一方向に流す直列に接続された往電流用コイルと帰還電流用コイルを含む第2のコイルを有する磁歪式トルクセンサ。
15

2. 前記円筒状フェライト磁心は、前記中心軸を含む平面によって2つに分割される一対の半円筒状フェライト磁心を含む、請求項1に記載の磁歪式トルクセンサ。
20

3. 前記第1及び第2のコイルの前記往電流用コイル及び前記帰還電流用コイルは、複数の水平導線及び複数の垂直導線によって連続的に伸びる複数の往電流用コイル及び複数の帰還電流用コイルを含む、請求項1に記載の磁歪式トルクセンサ。
25

4. 前記第1及び第2のコイルの前記複数の水平導線及び前記複数の垂直導線は、同一の位置において異なった方向の電流を流す、請求項3に記載の磁歪式トルクセンサ。

5. 前記第1のコイルと前記第2のコイルは、フレキシブル基板の表裏の面上でジグザグ状に形成され、このフレキシブル基板を180度折り重ねることにより形成される、請求項1に記載の磁歪式トルクセンサ。

5 6. 前記第1のコイルと前記第2のコイルは、前記一対の半円筒状フェライト磁心の間でブリッジ回路を構成するように接続される、請求項2に記載の磁歪式トルクセンサ。

7. 前記第1のコイルと前記第2のコイルは、それぞれの第1の端子が発振器の第1及び第2の端子に接続され、それぞれの第2の端子が歪検出用の端子に接続されてブリッジ回路を構成する、請求項1に記載の磁歪式トルクセンサ。

8. 前記ブリッジ回路からの差動信号は、ロックイン増幅器で検出される、請求項7に記載の磁歪式トルクセンサ。

15

9. 前記第1のコイルと前記第2のコイルは、前記一対の対向したコイル形成用内周面に形成した溝に収納される、請求項1に記載の磁歪式トルクセンサ。

10. 前記一対の対向したコイル形成用内周面は、

20
$$L \doteq \pi D / 2 N \quad (N = 1, 2, 3, \dots),$$
$$P \doteq \pi D / 2$$

で表される長さLと内面半円周長Pを有し（但し、Dを前記回転軸の直径とする）、かつ、その両端において、

$$G \doteq \pi D / 4 N \quad (N = 1, 2, 3, \dots)$$

25 で表される前記溝の間隔Gを有する、請求項9に記載の磁歪式トルクセンサ。

図 1

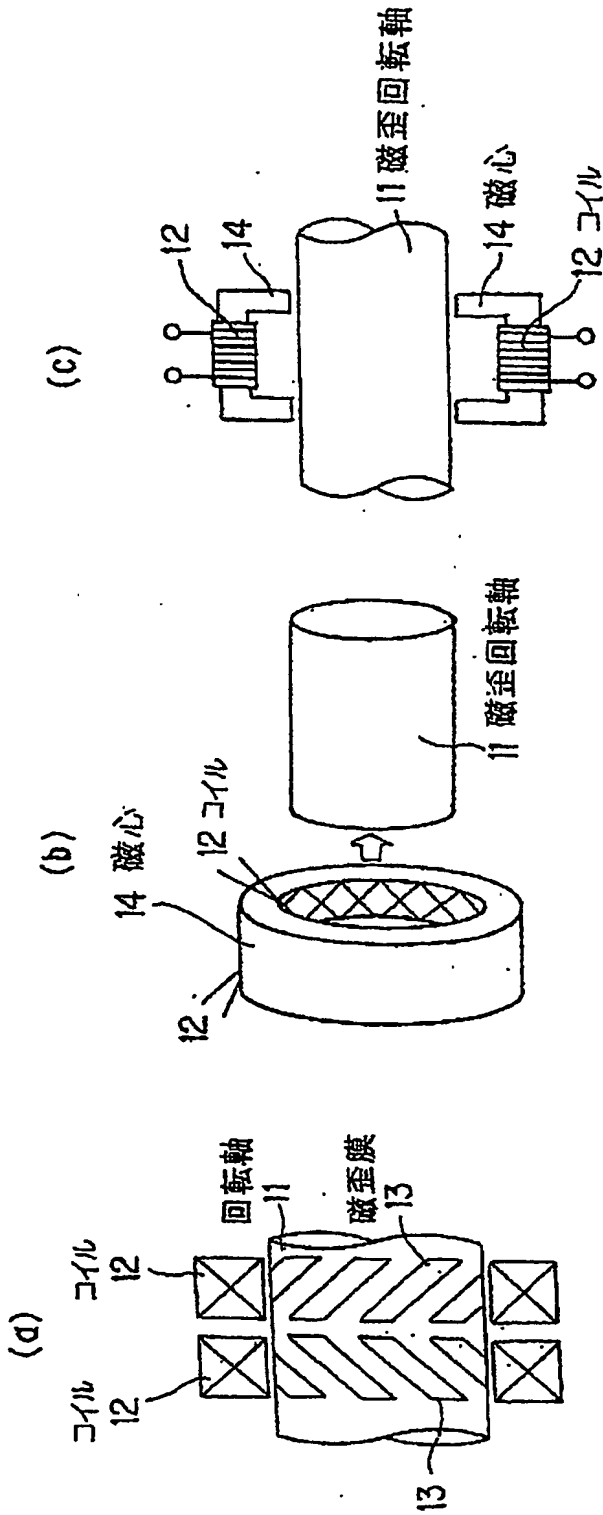


図 2

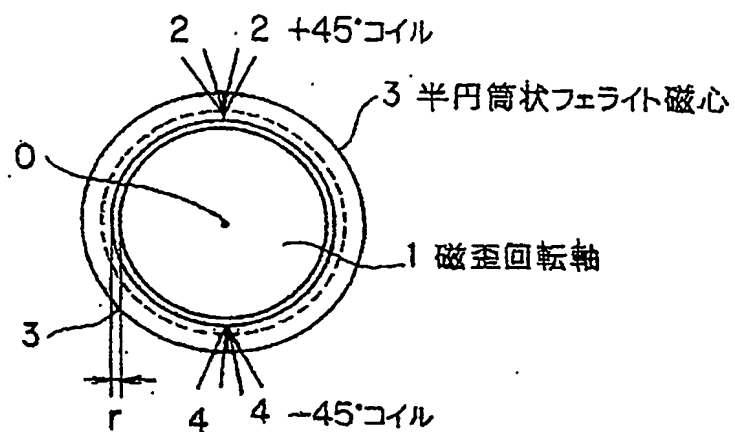
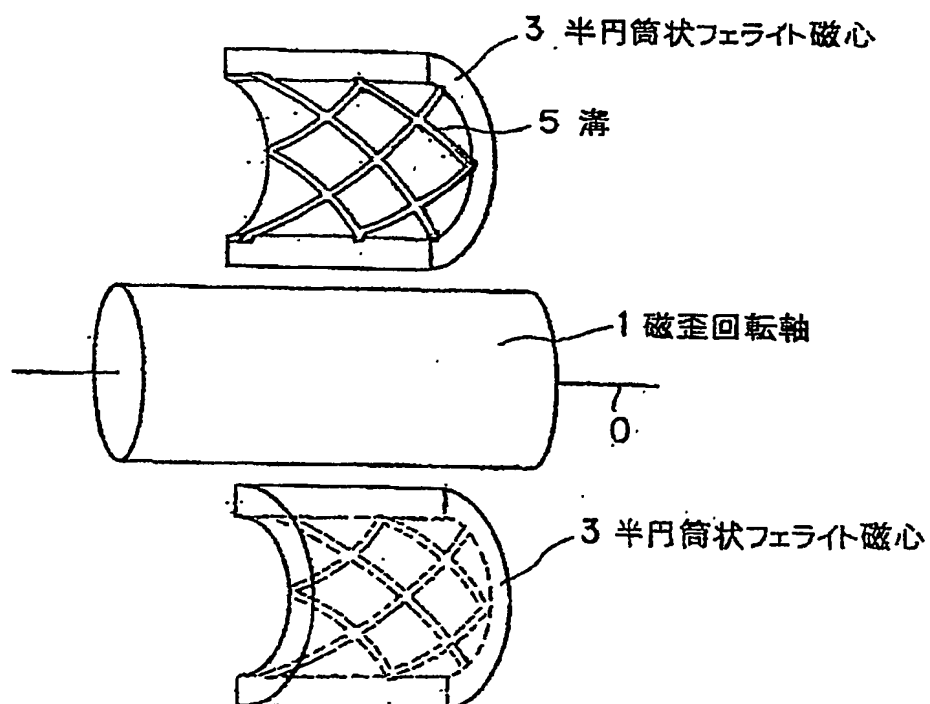


図 3



3/5

図 4

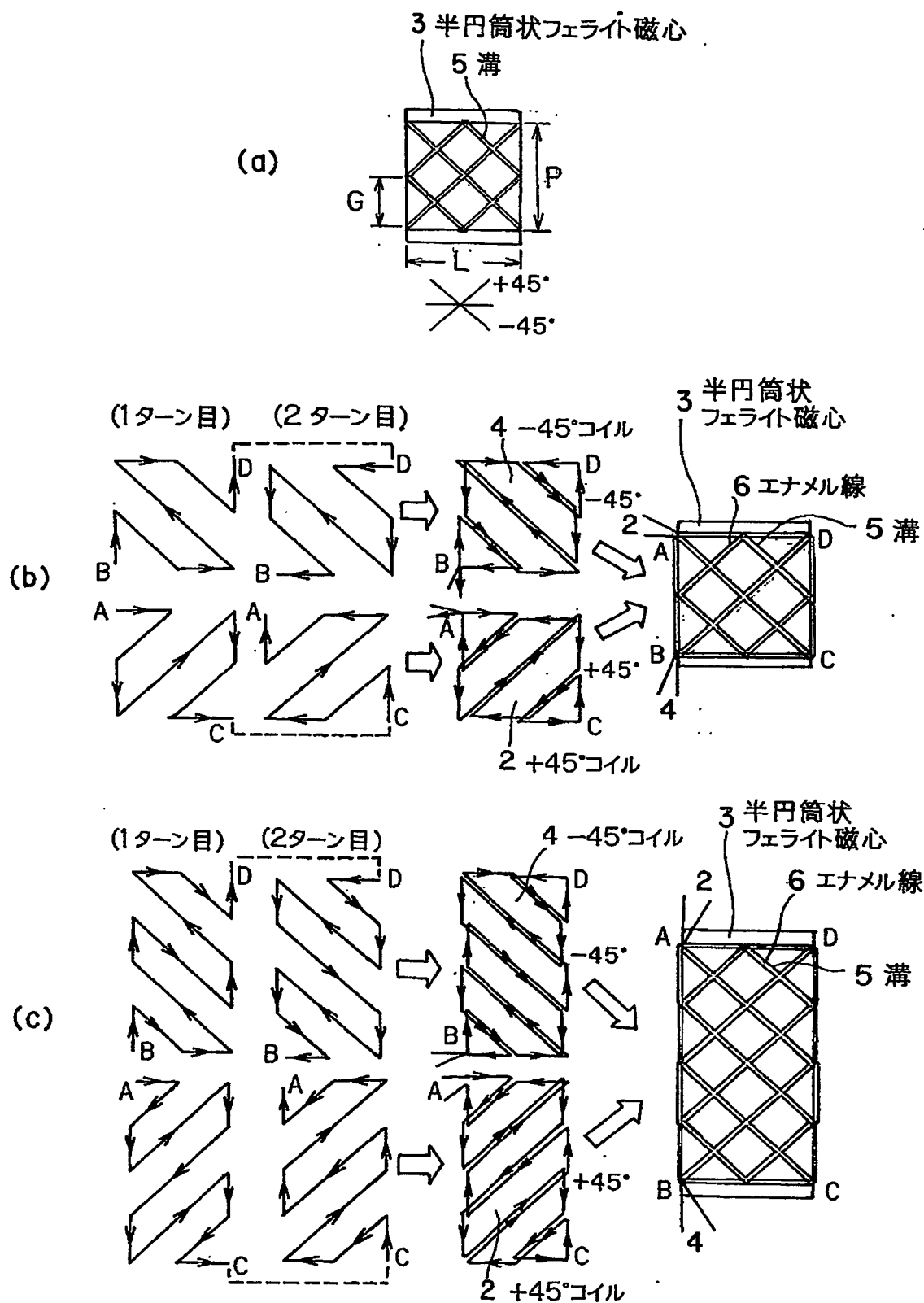


図 5

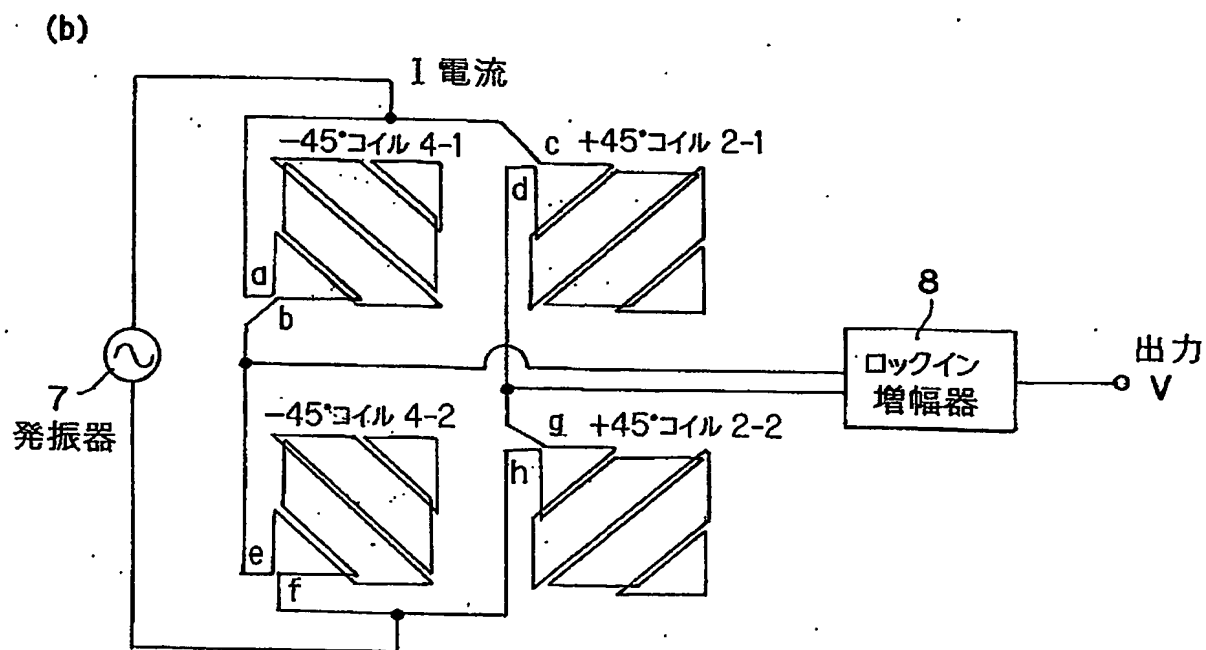
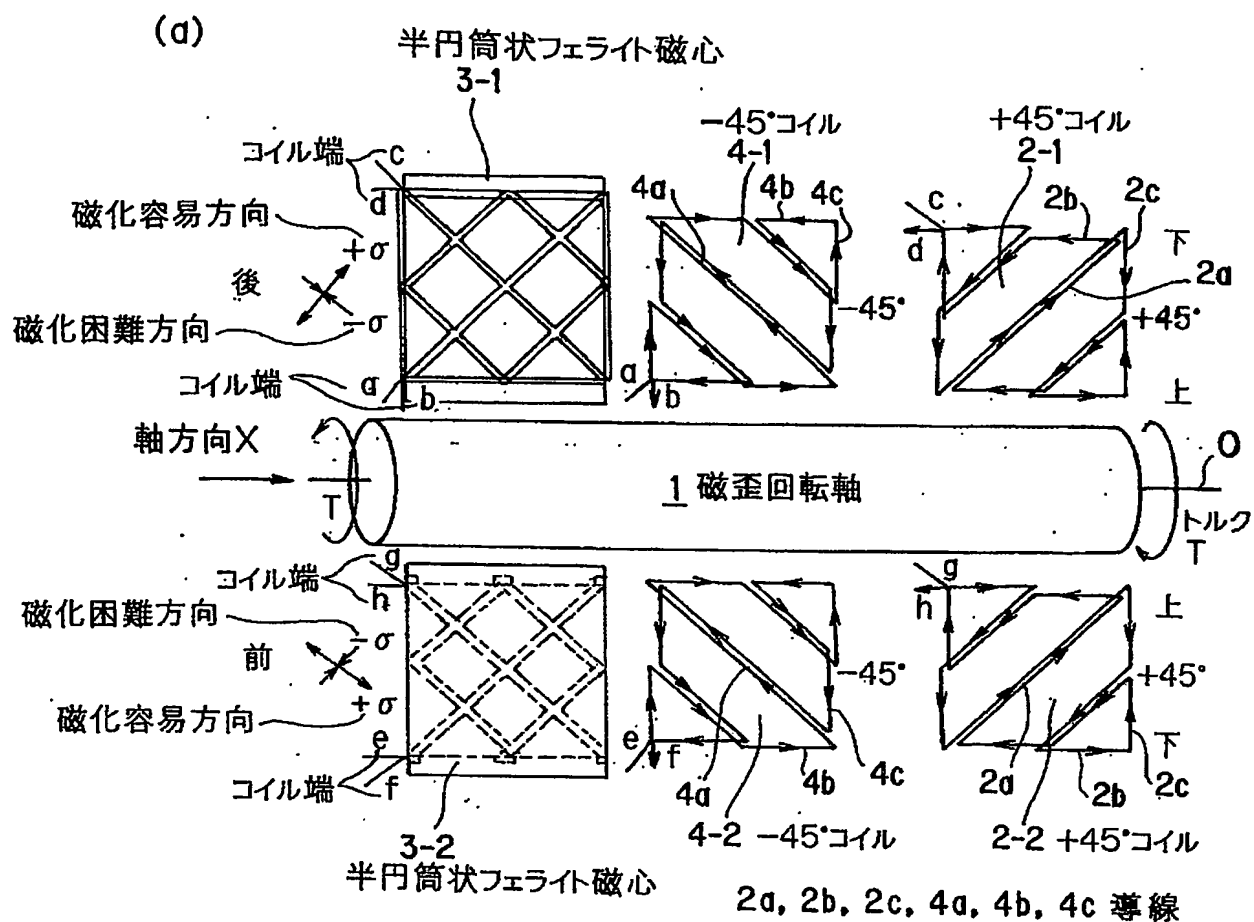
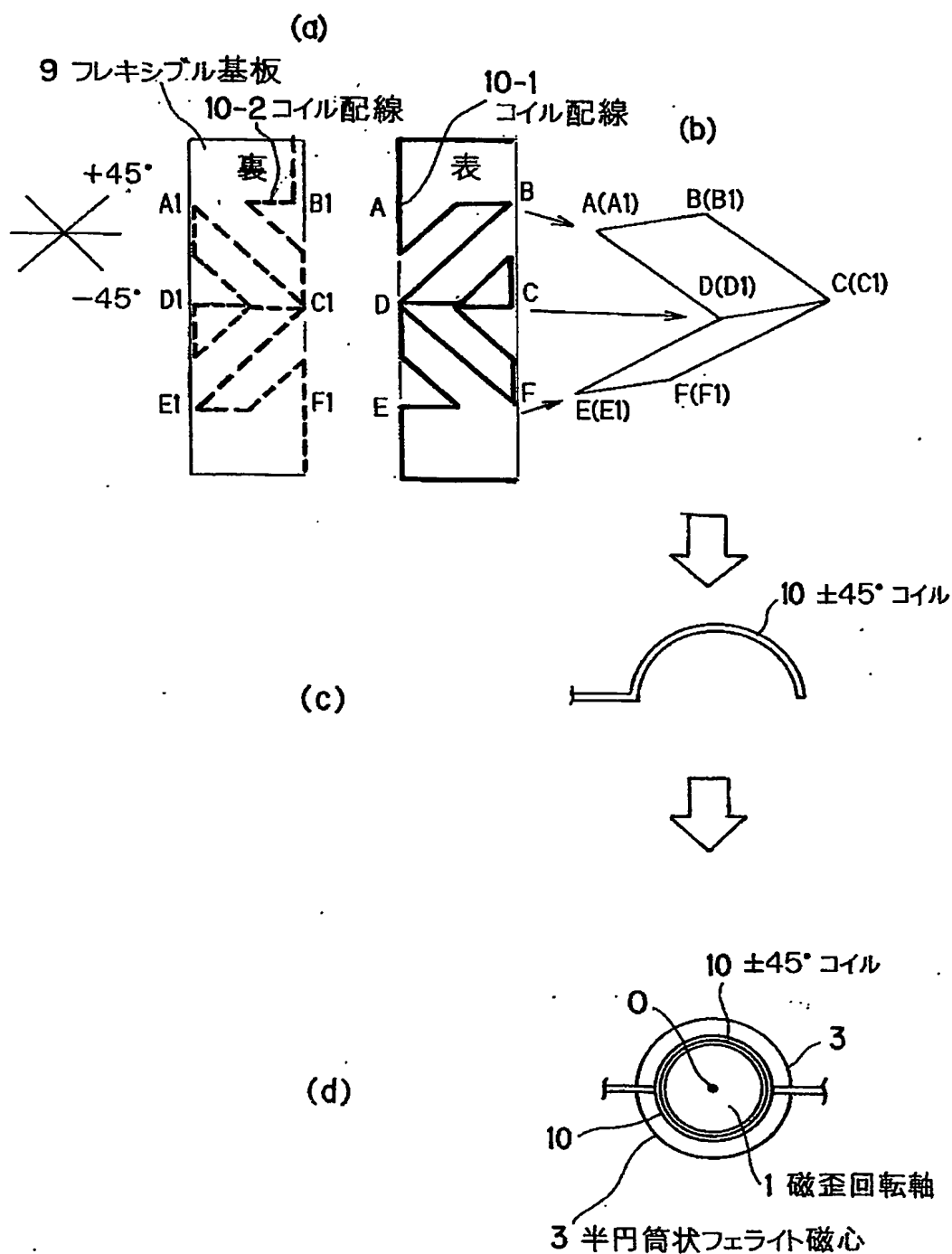


図 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/018238

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G01L3/10

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ G01L3/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2783118 B2 (Mitsubishi Electric Corp.), 06 August, 1998 (06.08.98), Full text; all drawings & US 5431063 A Full text; all drawings & DE 4337852 A	1-10
A	JP 3-503210 A (AB SKF), 18 July, 1991 (18.07.91), Full text; all drawings & US 5020378 A Full text; all drawings & EP 379509 A & WO 89/02070 A1 & DE 3871806 A & SE 8703418 A & AT 76967 T	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
02 February, 2005 (02.02.05)

Date of mailing of the international search report
22 February, 2005 (22.02.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/018238

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 61-102530 A (Mitsubishi Electric Corp.), 21 May, 1986 (21.05.86), Full text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 7-18766 B2 (Yutaka TAKAHASHI), 06 March, 1995 (06.03.95), Full text; all drawings (Family: none)	1-10
A	US 2553833 A (Clare Morgan Rifenberg), 22 May, 1951 (22.05.51), Full text; all drawings (Family: none)	1-10
A	US 2637205 A (Kenneth W. Miller), 05 May, 1953 (05.05.53), Full text; all drawings (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01L3/10

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ G01L3/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2005年
 日本国実用新案登録公報 1996-2005年
 日本国登録実用新案公報 1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2783118 B2 (三菱電機株式会社) 1998.08.06, 全文, 全図 & US 5431063 A, 全文, 全図 & DE 4337852 A	1-10

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

02.02.2005

国際調査報告の発送日

22.2.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

松浦 久夫

2F

9613

電話番号 03-3581-1101 内線 3215

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 3-503210 A (アクチボラゲット エス ケイ エフ) 1991. 07. 18, 全文, 全図 & US 5020378 A , 全文, 全図 & EP 379509 A & WO 89/02070 A1 & DE 3871806 A & SE 8703418 A & AT 76967 T	1-10
A	J P 61-102530 A (三菱電機株式会社) 1986. 05. 21, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-10
A	J P 7-18766 B2 (高橋 豊) 1995. 03. 06, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-10
A	US 2553833 A (Clare Morgan Rifenberg) 1951. 05. 22, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-10
A	US 2637205 A (Kenneth W. Miller) 1953. 05. 05, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-10